

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-324289

(43)Date of publication of application : 25.11.1994

(51)Int. Cl.

G02B 27/28

G02B 5/04

G02B 5/30

(21)Application number : 05-134137

(71)Applicant : FUJI ELELCTROCHEM CO LTD

(22)Date of filing : 13.05.1993

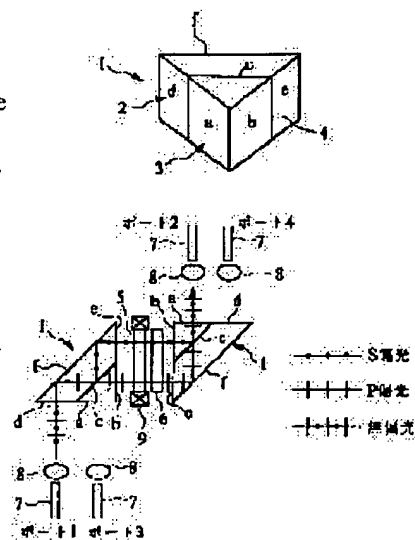
(72)Inventor : IMURA TOMOKAZU
TOKUMASU TSUGIO

(54) POLARIZATION BEAM SPLITTER AND OPTICAL CIRCULATOR USING THIS SPLITTER AND OPTICAL SWITCH

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the optical circulator or optical switch which decreases the directions of incident and exit ports of a 4-port optical circulator, etc.

CONSTITUTION: This polarization beam splitter 1 having a triangular columnar shape is constituted by respectively optically polishing quadrangular prism glass 2 having a trapezoidal shape and triangular columnar glass 3 having a rectangular triangular shape, depositing polarized light separating films 4 by evaporation on the surfaces corresponding to the upper base of the trapezoidal shape or the base of the triangular shape, joining both with optical adhesives and forming antireflection films on the light incident and exit faces a to f. This optical switch is constituted by arranging two polarization beam splitters in such a manner that the slopes thereof are paralleled, inserting a 45° Faraday rotor and a half-wave plate therebetween and using a permanent magnet as a means for impressing the magnetic field to the Faraday rotor and an electromagnet in place of the optical circulator.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-324289

(43) 公開日 平成6年(1994)11月25日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 27/28	A	9120-2K		
5/04	D	922A-2K		
5/30		9018-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-134137

(22) 出願日 平成5年(1993)5月13日

(71) 出願人 000237721

富士電気化学株式会社

東京都港区新橋5丁目36番11号

(72) 発明者 井村 智和

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気
化学株式会社内

(72) 発明者 徳増 次雄

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気
化学株式会社内

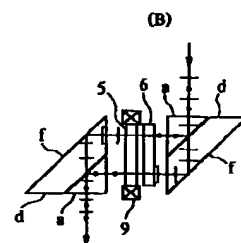
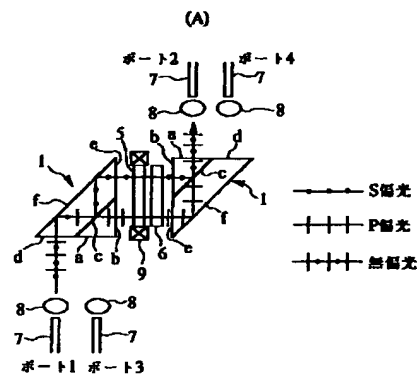
(74) 代理人 弁理士 松井 伸一

(54) 【発明の名称】 偏光ビームスプリッタとこれを用いた光サーキュレータ及び光スイッチ

(57) 【要約】

【目的】 4ポート光サーキュレータ等の入出射ポートの方向を減少させる光サーキュレータまたは光スイッチを提供すること

【構成】 台形の四角柱ガラス2と直角三角形の三角柱ガラス3とを、それぞれ光学研磨し、台形の上底あるいは三角形の底辺に当る面に偏光分離膜4を蒸着し、両者を光学接着剤で接合し、光の入出射面a～fに反射防止膜を施して三角柱状の偏光ビームスプリッタ1を構成する。この偏光ビームスプリッタ2つをその斜面が平行となるように対向配置し、その間に45°ファラデー回転子、1/2波長板を挿入し、ファラデー回転子に対する磁界印加手段として永久磁石を用いて光サーキュレータを、その代りに電磁石を用いて光スイッチを構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 断面形状が台形の四角柱ガラスと断面形状が直角三角形である三角柱ガラスを、それぞれ光学研磨し、前記台形の上底あるいは三角形の底辺に当る面に偏光分離膜を形成するとともに前記両ガラスを光学接着剤で接合し、かつ光の入出射面に反射防止膜を施したことを特徴とする偏光ビームスプリッタ。

【請求項2】 請求項1に記載の偏光ビームスプリッタを2個用い、その斜面が平行となるように対向配置し、かつ、その対向配置された両偏光ビームスプリッタの間に45°ファラデー回転子、1/2波長板を挿入し、各入出射ポートに光ファイバと集光用レンズとを配し、ファラデー回転子に磁界を印加する手段として永久磁石を用いたことを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項3】 請求項1に記載の偏光ビームスプリッタを2個用い、それらを対称的に対向配置し、かつ、その対向配置された両偏光ビームスプリッタの間に45°ファラデー回転子、1/2波長板を挿入し、各入出射ポートに光ファイバと集光用レンズとを配し、ファラデー回転子に磁界を印加する手段として永久磁石を用いたことを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項4】 請求項1に記載の偏光ビームスプリッタを2個用い、それらを対称的に対向配置し、かつ、その対向配置された両偏光ビームスプリッタの間に45°ファラデー回転子、1/2波長板を挿入し、さらに短光路側に偏波分散補償板を挿入し、各入出射ポートに光ファイバと集光用のレンズとを配し、ファラデー回転子に磁界を印加する手段として、永久磁石を用いたことを特徴とする光サーキュレータ。

【請求項5】 請求項2、3、4に記載のファラデー回転子に磁界を印加する手段として永久磁石の代わりに電磁石を用いて構成したことを特徴とする光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光サーキュレータ、光スイッチを小型化することが可能な偏光ビームスプリッタと、これを用いた光サーキュレータ及び光スイッチに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光サーキュレータは、双方向通信や光計測用に広く利用されるが、従来の4ポート型光サーキュレータは、図7に示すように、三角柱状の2つの偏光ビームスプリッタ21、22を直交的に配置し、その間に45°ファラデー回転子23と1/2波長板24を挿入して構成され、光の各入出射ポートはそれぞれ放射状に4方向に出て行く形態となっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、このように光サーキュレータの入出射ポートが4方向に出て行く形態では、光サーキュレータ本体が大きくなってしまふ。ま

た、基板に実装する際に、光ファイバの最小曲げ半径は20mm程度であるため、各入出射ポートにおいて光ファイバを処理するのに曲げによる光損失を生じさせないスペースを必要とする。更に、基板面を有効に活用するためには、光サーキュレータを基板中央に設置しなければならない等、基板設計上の自由度も殆どない状態であった。

【0004】 本発明は、上記した背景に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、従来4方向に出ていた光サーキュレータ、光スイッチ等の入出射ポートを1方向あるいは2方向に出すことが可能な偏光ビームスプリッタを提供することにある。また、本発明の他の目的は、かかる三角柱状の偏光ビームスプリッタを用いて、入出射ポートを2方向または1方向に配置した光サーキュレータと光スイッチを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明に係る偏光ビームスプリッタでは、断面形状が台形の四角柱ガラスと断面形状が直角三角形である三角柱ガラスを、それぞれ光学研磨し、台形の上底あるいは三角形の底辺に当る面に偏光分離膜を蒸着し、両者を光学接着剤で接合し、光の入出射面に反射防止膜を施すようにした。

【0006】 また本発明に係る光サーキュレータでは、上記した偏光ビームスプリッタを2個用い、それらを斜面が平行となるように対向配置したり、或いは対称的に対向配置する。そして、それら対向配置された両偏光ビームスプリッタの間に45°ファラデー回転子、1/2波長板を挿入し、各入出射ポートに光ファイバと集光用レンズとを配し、さらにファラデー回転子の周囲に永久磁石を配置した。そして、2つの偏光ビームスプリッタを対称的に配置した場合には、短光路側に偏波分散補償板をさらに挿入するのが好ましい。

【0007】 さらに、上記した各構成の光サーキュレータに用いられるファラデー回転子の周囲に配置される永久磁石の代わりに電磁石を配置することにより、本発明に係る光スイッチを構成することになる。

【0008】

【作用】 請求項1の偏光ビームスプリッタは、台形の四角柱ガラスと直角三角形の三角柱ガラスとの接合体であり、その接合面に偏光分離膜を有しかつその両側に反射防止膜を施した入出射面を有するため、2つのポートを同じ側に並列させて配置することができる。従って、これを用いることで入出射ポートの方向を、従来の4方向から2方向または1方向に減少させることができ、光サーキュレータ、光スイッチを小型化することが可能になる。

【0009】 また、本発明に係る偏光ビームスプリッタの2つをその斜面が平行となるように対向配置して光サーキュレータ（光スイッチ）を構成した場合には、入出

3

射ポートの方向が2方向に減少する。このため、小型化されると共に基板の辺部へ実装することが可能となる。従って、基板に実装する際にスペースを小さくすることができ、基板設計の自由度の高い光サーキュレータ（光スイッチ）が提供される。

【0010】さらに上記2つの偏光ビームスプリッタの配置を対称的になるように行うことにより光サーキュレータ（光スイッチ）を構成した場合には、入出射ポートの方向が1方向に減少し、より設置スペースが縮小され、基板のコーナ部へ実装することも可能となる。また、係る構成において2つの偏光ビームスプリッタ間の短光路側に偏波分散補償板を挿入した場合には、光路差が無くなり偏波分散がなく、全ポートを同一方向へ並列配置した光サーキュレータ（光スイッチ）が得られる。

【0011】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例を添付図面を参照にして詳述する。図1は、本発明に係る偏光ビームスプリッタの一実施例を示している。同図に示すようにこの偏光ビームスプリッタ1は、断面形状が台形の四角柱ガラス2と断面形状が直角三角形である三角柱ガラス3とを、それぞれ光学研磨し、台形の上底あるいは三角形の底辺に当る面cに偏光分離膜4を蒸着し、両者を光学接着剤で接合して断面形状が直角三角形のより大きな直角三角柱を形成している。この接合後の四角柱ガラス2と三角柱ガラス3のそれぞれの斜面c、fを除く2面（計4面）a、b、d、eを、光の入出射面として用いることとし、この4つの光の入出射面a、b、d、eにそれぞれ反射防止膜を施した構成となっている。

【0012】次に、上記した実施例の作用について説明する。まず、図2（A）に示すように無偏光が面dに入射した場合には、斜面fで全反射し、面cでS偏光とP偏光に分かれ、P偏光はそのまま面bから、S偏光は斜面fで全反射して面eから出射する。そして、本偏光ビームスプリッタ1から出射される両偏光は、平行光線となる。また、同図（B）に示すように無偏光が面aに入射した場合には、上記と同様に面cでS偏光とP偏光に分かれ、S偏光は面cで反射するためそのまま面bから出射し、P偏光は面cを透過し斜面fで全反射して面eから出射する。

【0013】ところで、光サーキュレータ、光スイッチを構成するには、公知のごとく2つの偏光ビームスプリッタと偏光回転手段とが必要である。そしてこれらの最小限の部品で構成するには、偏光ビームスプリッタの条件として、①異なる入射位置（図2（A）、（B）に示した面）に入射しても分離した偏光が同一の位置（面）で出射されること、及び②分離した偏光が互いに平行であることが望ましい。これにより光軸調整が容易になり、部品点数が少なくなる。

【0014】そして、図2（A）、（B）の関係では、これらの条件を満たしつつ、2つの入射ポートが平行に

4

配置できている。従ってこの偏光ビームスプリッタを2つ用いれば4つの入射ポートが1方向あるいは2方向に配置できる。また、これによって、本体の小型化、基板に実施する際の省スペース、基板設計の自由度の増大が期待できる。

【0015】図3は、本発明に係る光サーキュレータの一実施例を示している。同図に示すように上記の三角柱状の2つの偏光ビームスプリッタ1をその斜面が互いに平行となるように対向配置し、その間に45°ファラデー回転子5、1/2波長板6を挿入し、各入出射ポートに光ファイバ7と集光用レンズ8とを配し、ファラデー回転子に磁界を印加する磁界印加手段として永久磁石9を用いている。なお、ファラデー回転子5に対する磁界印加手段として永久磁石9に代えて電磁石を用いることにより、光スイッチを構成することもできる。

【0016】そして、2つの偏光ビームスプリッタ1、1は、一方のスプリッタの面b、eが他方のスプリッタの面e、bと対向しており、一方のスプリッタの面d、aと他方のスプリッタの面a、dとが、入出射面となっている。

【0017】図3（A）にポート1からポート2、図3（B）にポート2からポート3へ光が進行する経路を示す。ファラデー回転子5及び1/2波長板6は、紙面左から右へ光が進行するときは偏光面が回転せず、紙面右から左へ光が進行するときは偏光面が90°回転するように設定している。この図3に示したように、ポート1、ポート3は手前側、ポート2、ポート4は向こう側にあり、ポートは本体から2方向に出ている。従って、4つのポートの位置は従来の4方向から2方向に減少されている。

【0018】このように、4つのポートの位置を2方向にすれば、光サーキュレータ、光スイッチの本体を小さくすることができる。また、基板に実装する際、基板の辺部にも設置することができるため、光ファイバの処理が容易になり基板設計の自由度が大きくなる。

【0019】図4は、本発明に係る光サーキュレータの他の実施例を示している。同図に示すように、この例では上記した三角柱状の偏光ビームスプリッタ1を2つ対称的に対向配置する点で、上記した実施例と相違する。尚、係る2つの偏光ビームスプリッタ1の間に45°ファラデー回転子5、1/2波長板6を挿入し、各入出射ポートに光ファイバ7と集光用レンズ8とを配し、ファラデー回転子5の周囲に永久磁石9を配置することは上記した例と同様である。また、本例でも永久磁石に代えて電磁石を用いることにより光スイッチを構成することができるのはもちろんである。

【0020】図4（A）にポート1からポート2へ、図（B）にポート2からポート3へ光が進行する経路を示す。ファラデー回転子5、1/2波長板6は、紙面左から右へ光が進行するときは偏光面が90°回転するよう

に設定している。この図に示したようにサーキュレーションが行われ、全ポートが同一方向に配置される点に特徴がある。

【0021】このように、図4に示す如くポートの位置を同一方向にすることにより、光サーキュレータや光スイッチの本体を小さくすることができる。また、基板に実装する際、基板コーナー部にも設置することができるため、光ファイバの処理が容易になり、基板設計の自由が大きくなる。

【0022】図5は、本発明に係る光サーキュレータのさらに他の実施例を示している。すなわち、図4の構成では、S偏光とP偏光の光線とで光路長が異なるという問題がある。そこで、本例では係る光路長差をなくすようにしている。具体的には、対称的に配置された2つの三角柱状の偏光ビームスプリッタ1の間に45°ファラデー回転子5、1/2波長板6を挿入するという基本構成に加え、さらに短光路側に偏波分散補償板10を挿入している。

【0023】すなわち図6に示したように、見かけ上、1つの偏光ビームスプリッタ1で光路長差Lが生じ、2箇所使用しているため光路長差は2Lとなり、ガラス材の屈折率をngとすると、 $2ng \cdot L$ の光路長差が生じる。このように分離した偏光の光路長が異なるため、偏波分散が生じる。偏波分散を補償するには光路長を等しくすれば良い。従って偏波分散補償板10の厚さ、あるいは適度な屈折率のガラス材を選択することにより、偏波分散がなく、全ポートを同一方向へ並列配置した光サーキュレータを構成することになる。

【0024】上記の光路長差をゼロにする点について説明を加えると、偏光ビームスプリッタで分散された両偏光は、共にファラデー回転子5、1/2波長板6を通過するので、この部分を無視して考える。分離された偏光の一方は、空間中をそのまま伝搬し、もう一方の偏光は偏波分散補償板10を経て対向する偏光ビームスプリッタ1へ進行する。このときの光路長は、空間の屈折率を1、偏波分散補償板の屈折率をnc、厚さをdとすると、一方の偏光は光路長d、もう一方の偏光は光路長 $nc \cdot d$ となる。従って $(nc-1)d = 2ng \cdot L$ を満たすように偏波分散補償板の屈折率、厚さを適宜選択すれば光路長差はゼロとなる。尚、その他の構成並びに作用は、上記した各実施例と同様であるため、同一符合を付しその説明を省略する。

【0025】尚、上記した各実施例では、台形の四角柱ガラスと直角三角形の三角柱ガラスの貼り合わせ位置を、面aと面d（または面bと面e）の辺の長さの割合が等しくなるように定めているが、本発明では同一偏光

ビームスプリッタについて2つの入出射ポートが隣り合う関係となるため、隣り合う入出射ポート相互間の間隔を広く取るため、上記貼り合わせ位置は入出射面d（またはe）よりも入出射面a（またはb）の辺の長さの方が短くなるように定めることが好ましい。

【0026】

【発明の効果】以上のように本発明に係る偏光ビームスプリッタでは、光サーキュレータ、光スイッチ等において4つの入出射ポートを1方向あるいは2方向に配置することができ、本体の小型化、基板に実施する際の省スペース、基板設計の自由度の増加などが期待できる。

【0027】そして、係る偏光ビームスプリッタを適宜に配置することにより構成した光サーキュレータ及び光アイソレータでは、その本体を小型化できると同時に、基板実装の際、ファイバの処理が容易になり、設計の自由度が大きくなる。しかも、2つの偏光ビームスプリッタを対称的に配置するとともに、その間の所定位置に偏波分散補償板を配置した場合には、全ポートを同一方向に並列配置しつつ、しかも偏波分散が生じないため、長距離大容量伝送に有利となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る偏光ビームスプリッタの一実施例を示す図である。

【図2】図1の偏光ビームスプリッタの作用を示す図である。

【図3】本発明に係る光サーキュレータの一実施例を示す図である。

【図4】本発明に係る光サーキュレータの他の実施例を示す図である。

【図5】本発明に係る光サーキュレータの更に他の実施例を示す図である。

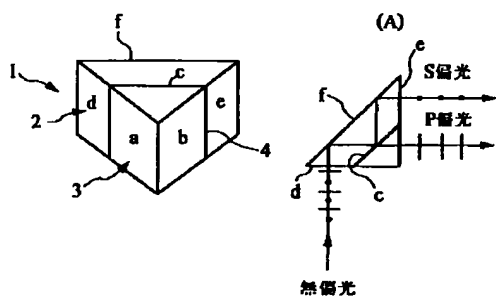
【図6】図5に示す光サーキュレータの光路長差の説明に供する図である。

【図7】従来の偏光ビームスプリッタを示す図である。

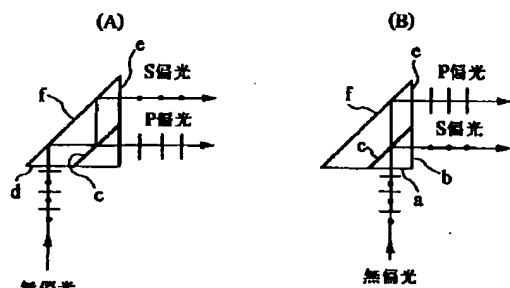
【符号の説明】

- 1 偏光ビームスプリッタ
- 2 台形の四角柱ガラス
- 3 直角三角形の三角柱ガラス
- 4 偏光分離膜
- 5 ファラデー回転子
- 6 1/2波長板
- 7 光ファイバ
- 8 集光用レンズ
- 9 永久磁石（磁界印加手段）
- 10 偏波分散補償板
- a, b, d, e 光の入出射面

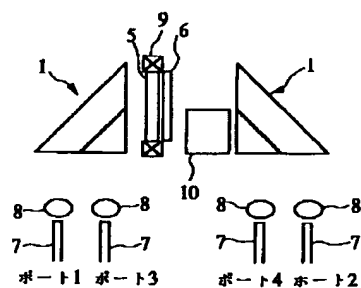
【図1】



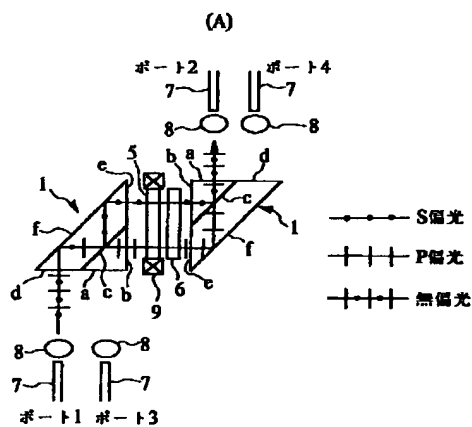
【図2】



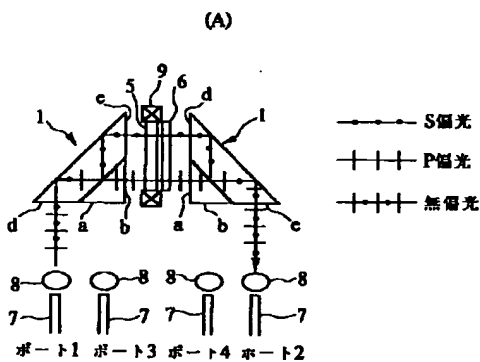
【図5】



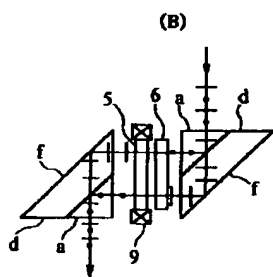
【図3】



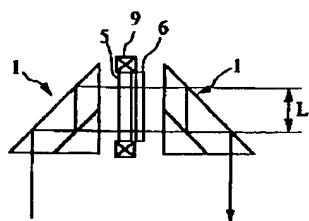
【図4】



(B)



【図6】



【図7】

